

補助事業番号 2017M-161
補助事業名 平成29年度異種形状・材料から構成される配管系の衝突振動に関する
研究補助事業
補助事業者名 法政大学理工学部 相原建人

1 研究の概要

異種形状・材料から構成される配管系の衝突振動現象を明らかにするため理論的にアプローチし、解析解を導出する。

2 研究の目的と背景

石油や天然ガスの輸送に用いられる油井管などに代表される構造用鋼管には様々な配管が利用される。化学プラントなどにおける配管では継目としてフランジなどの付加物を取り付けられることで様々な配管の組み合わせや構成が可能である。近年、端面の食い違いが発生する溶接部材や水道管には異径管や径違いソケットなどを用いることも多い。同様に樹脂管や鋼管など異種パイプとの接続も必要とされ、異径異種管継手の開発が進められている。そのような継手を使用される構造物の中でも高温流体を扱う配管では熱膨張の逃げを目的とした支持部や要素間いがたが存在し、このがたによる衝突振動の発生は性能や寿命の低下、疲労破壊に繋がる可能性があり、制振や防振面を考慮した耐震設計に大きな影響を及ぼす。そこで本事業においては異なる二つのはりが付加質量を介すことで構成される両端単純支持複合ばりを解析モデルとし、主共振域における解析解を導出し、発生する共振現象を明らかにする。

3 研究内容 (<http://aihara-lab.ws.hosei.ac.jp/>) (<http://kenkyu-web.i.hosei.ac.jp/Profiles/32/0003176/profile.html>)

(1) 理論解析法の構築

本研究で扱うモデルは図1に示すようにはりスパンの任意の位置に付加質量 m_a が取付けられ、異なる二つのはりで構成される両端単純支持複合ばりである。この付加質量 m_a が衝突位置($x=a$)において衝突間隙がそれぞれ e_1 および e_2 だけ設けられたばね定数の異なる二つの被衝突ばね k_1 および k_2 に弾性衝突する横振動系の定常衝突振動を扱う。衝突に伴う反発力は断片線形特性を有するものとする。はりを均質等方材料とし、衝突位置($x=a$)を境にはり I ($0 \leq x \leq a$)、はり II ($0 \leq x \leq l$)とする。各はりの諸数値について添え字 j ($j=1, 2$)を用いて表す。はりの縦弾性係数を E_j 、断面二次モーメントを I_j 、断面積を A_j 、単位体積当たりの質量を ρ_j とする。ただし、はりのばね定数については各はりのばね定数ではなく、両端単純支持複合ばりのばね定数を採用し、これを k とする。解析モデルに対する運動方程式は非線形となるが、非線形力のみをフーリエ展開し、外力とみなすことで形式的に線形化され、解析解を得ることができる。

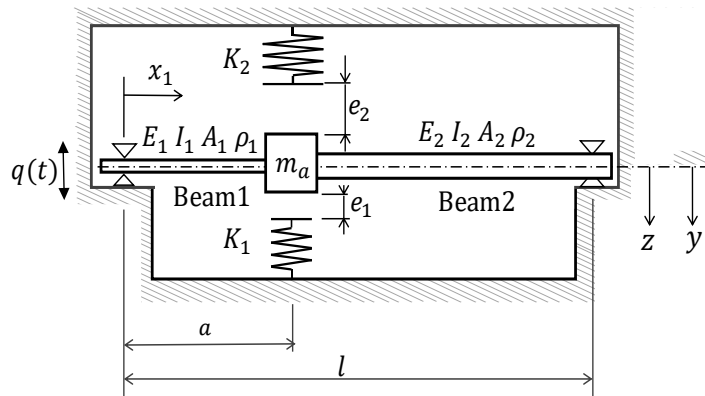


図1 解析モデル

(2) 実験との比較による理論解析法の検証

本事業においては実験装置を設計製作し、解析結果と実験結果の比較をすることで本解析の有効性を検証している。その結果を図2に示す。図中の実線は理論解析結果を、記号○は実験結果を示し、両結果はよく一致している。

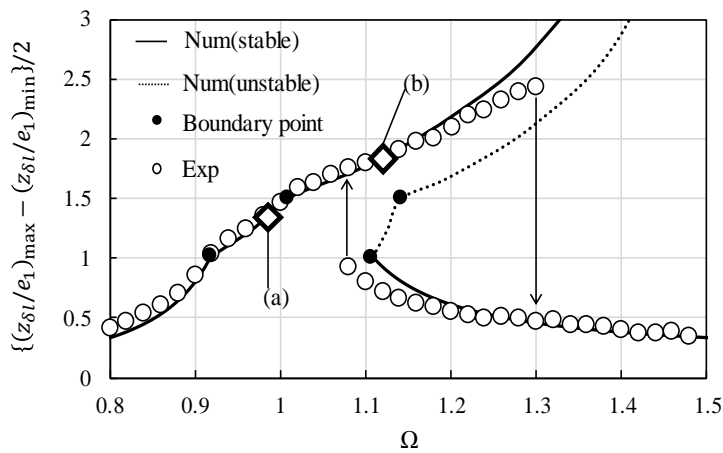


図2 理論解析結果と実験結果との比較

(3) 構築した理論解析法による設計諸元の影響解明

構築した理論解析法を用いて設計諸元をパラメータにとった計算を行った。図3に被衝突ばねのばね定数とはりのばね定数との比を表すばね定数比をパラメータにとった共振曲線を示す。このばね定数比が大きくなるにつれ、非線形性が強まり、共振曲線は右傾化することが示されている。

図4は付加質量と被衝突ばねが衝突する位置とはりスパンとの比を表す衝突位置比をパラ

メータにとって共振曲線を示す。はりのばね定数は衝突位置比が大きくなるにつれ、減少することから被衝突ばねとはりの非線形性が大きくなり、共振曲線は右傾化する。非線形性が最も大きいはりスパン中央を意味する衝突位置比のときはりのばね定数が最も小さくなることわかる。

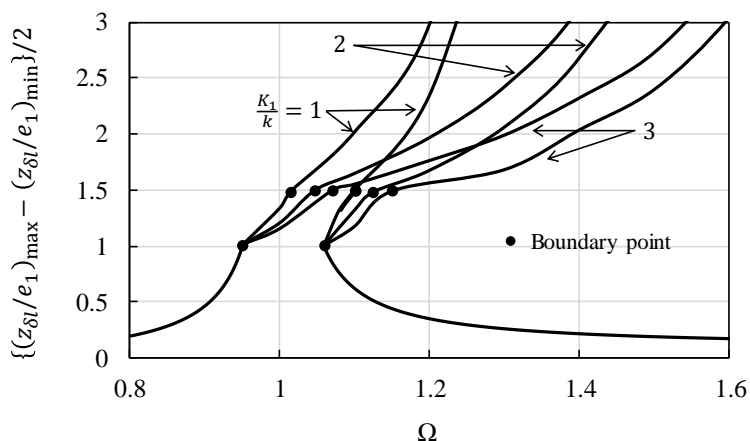


図3 理論計算結果（パラメータ：ばね定数比）

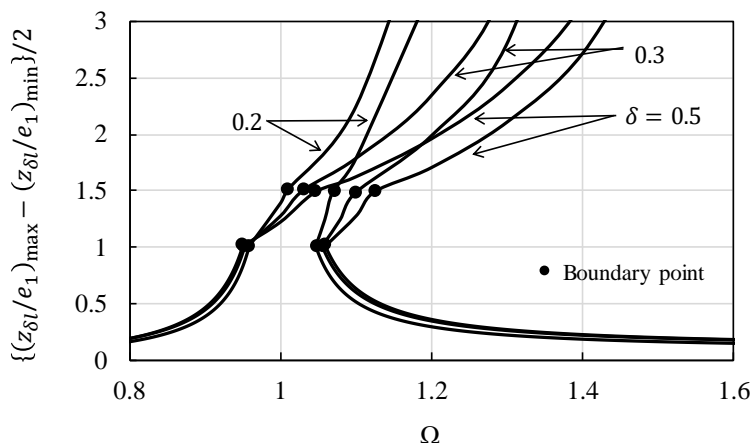


図4 理論計算結果（パラメータ：衝突位置比）

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本事業において構築した理論解析法は高速・高精度に強非線形系の定常振動解を求めることが可能なことから様々な非線形振動系に適用することができる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本事業における研究は事業者がこれまでに進めてきた非線形振動に対する理論解析に関

する研究を足がかりとし、実構造物への応用を狙ったものである。これまでの研究では主に1自由度の集中質量系を対象としていたが、本事業ではより実構造物へモデルを近づけ、2つの異なる諸元、材質から構成される複合ばりを扱い、これまでの理論を大きく進展させた。本事業で得られた知見を基に、今後も非線形振動解析理論とその応用について研究を進めていく。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- [1] 付加質量を持つ連続体の定常衝突振動解析（はりスパンの任意の位置および非対称面へ衝突する場合）、日本機械学会北陸信越支部第55期総会・講演会講演論文集, No. 183-1, G016 (2018.3)
- [2] 異なる二つのはりで構成される連続体の定常衝突振動解析, 日本機械学会Dynamics and Design Conference 2018, 104, pp. 1-6 (2018.8)
- [3] Impact vibration analysis of a continuous system colliding with elastic bodies at an arbitrary position, ASME INTERNATIONAL MECHANICAL ENGINEERING CONGRESS & EXPOSITION, IMECE2018-88742 (2018.11)

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

上記6[1], [2]において収録された講演論文

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 法政大学理工学部（ホウセイダイガクリコウガクブ）

住 所： 〒184-8584

東京都小金井市梶野町3-7-2

申 請 者： 准教授 相原建人（アイハラタツヒト）

担 当 部 署： 理工学部機械工学科（リコウガクブキカイコウガクカ）

E - m a i l : tatsuhito.aihara@hosei.ac.jp

U R L : <http://aihara-lab.ws.hosei.ac.jp/>